

PUB-NO: JP407266064A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07266064 A
TITLE: LASER BEAM ANNEALING DEVICE

PUBN-DATE: October 17, 1995

INVENTOR-INFORMATION:
NAME

COUNTRY

MORI, YUJI
MIKAMI, YOSHIAKI
KUWABARA, KAZUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KK G T C

APPL-NO: JP06059585
APPL-DATE: March 29, 1994

INT-CL (IPC): B23 K 26/00; B23 K 26/06; B23 K 26/12; C21 D 1/09; C21 D 1/34; C22 F 3/00; C30 B 29/06; H01 L 21/20; H01 L 21/268; H01 S 3/10; H01 S 3/225; H01 L 29/786; H01 L 21/336

ABSTRACT:

PURPOSE: To restrain the unevenness at a joint part in the scanning range of laser beam irradiation and to shorten the time needed to recrystallization, in a laser beam annealing device for executing the recrystallization of silicon thin film by the irradiation of the laser beam.

CONSTITUTION: Energy of the laser beam 2 from a laser oscillator 1 is changed with an attenuator 3 and the uniformity of the energy is improved with a homogenizer 4. After deciding the energy of the laser beam 2 through a lens system 5, the laser beam is transmitted to a beam dividing system 6 and divided into plural laser beams 2a, 2b and irradiates the silicon film 8 on a substrate 7 shifted toward two dimensions.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-266064

(43) 公開日 平成7年(1995)10月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	A			
26/06	C			
26/12				
		9056-4M	H 0 1 S 3/ 223 H 0 1 L 29/ 78	E 3 1 1 Y
審査請求 有 請求項の数7 OL (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平6-59585

(22) 出願日 平成6年(1994)3月29日

(71) 出願人 390028004

株式会社ジーティシー
東京都中央区東日本橋1丁目6番5号

(72) 発明者 森 祐二

東京都中央区東日本橋1-6-5 株式会
社ジーティシー内

(72) 発明者 三上 佳朗

東京都中央区東日本橋1-6-5 株式会
社ジーティシー内

(72) 発明者 桑原 和広

東京都中央区東日本橋1-6-5 株式会
社ジーティシー内

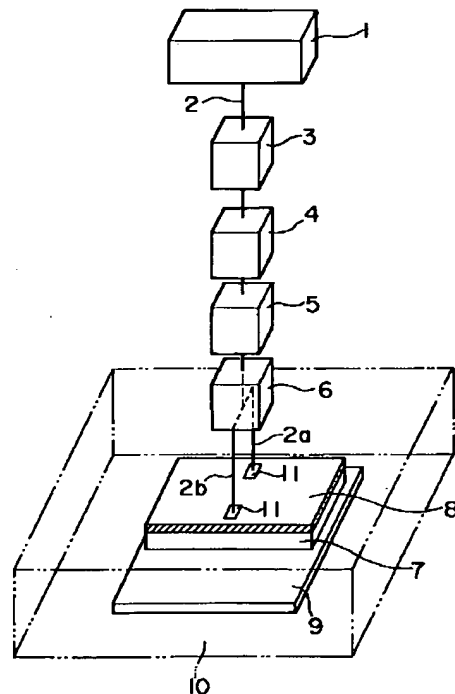
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 レーザアニール装置

(57) 【要約】

【目的】 レーザ光を照射してシリコン薄膜の再結晶化などを行うレーザアニール装置において、レーザ光の照射部分の継ぎ目部分の不均一性を抑えとともに再結晶化に要する時間を短縮する。

【構成】 レーザ1からのレーザ光2をアッティネータ3でそのエネルギーを変化させ、ホモジナイザ4でエネルギー均一性を高め、レンズ系5でレーザ光2の大きさを定めたのち、ビーム分割系6に送り、複数のレーザ光2a、2bに分割して、2次元移動する基板7上のシリコン膜8に照射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を発振するレーザと、前記レーザ光内のエネルギー均一性を向上させるホモジナイザと、前記レーザ光を所定の大きさに変化させる光学系と、前記レーザ光を基板上に2次元に照射するための移動機構と、前記基板を減圧中に保持することができる真空チャンバーからなるレーザアニール装置において、前記光学系からのレーザ光を複数に分割して基板に照射する分割光学系を具備したことを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項2】 前記分割光学系において分割された前記レーザ光が、前記基板の短辺方向に配列されるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール装置。

【請求項3】 前記分割光学系において分割された前記レーザ光が、分割されたレーザ光の大きさ以上の間隔をもって配列されるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール装置。

【請求項4】 前記レーザ光を複数に分割する分割光学系において、該分割光学系に入射した長辺対短辺の比がほぼM対1の長方形のレーザ光の長辺側を光学的にM分の1に分割し、M本の分割されたレーザ光を射出することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール装置。

【請求項5】 前記分割光学系において、レーザ光を不等なエネルギーの複数のレーザ光に分割するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール装置。

【請求項6】 前記不等なエネルギーの複数の分割されたレーザ光において、低いエネルギー密度のレーザ光のエネルギー密度が照射される基板面において100mJ/cm²から300mJ/cm²程度であり、高いエネルギー密度のレーザ光のエネルギー密度が照射される基板面において300mJ/cm²から500mJ/cm²程度である特許請求の範囲第5項記載のレーザアニール装置。

【請求項7】 前記分割光学系によって複数に分割されたレーザ光の間隔を任意に変化させることができるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ光を照射して薄膜の再結晶化などを行うレーザアニール装置に関し、特に大面積基板に対してレーザ再結晶化を行うのに好適なレーザアニール装置に関する。

【0002】

【従来の技術】基板上に形成された非晶質シリコンの薄膜に、レーザ光を照射して一度シリコンの融点以上の温度まで該シリコン膜を加熱し、冷却する過程において該シリコン膜を多結晶シリコンに膜質改変する技術は、レ

ーザ再結晶化技術としてよく知られており、レーザ光を照射する装置も発表されている。特に、紫外域の波長のレーザ光を発振するエキシマレーザを用いたレーザ再結晶化では、膜質改変後のシリコン膜の移動度を非常に高くすることができ、薄膜トランジスタ（以下、TFTと略称する。）の高性能化ができる。

【0003】このレーザ再結晶を行うレーザアニール装置におけるレーザ光の照射方法の従来方法について、光学系の構成図を用いて説明する。図7に従来の装置の構成を示す。エキシマレーザ100が発振したレーザ光101は、レーザ光内のエネルギー分布の不均一性があるために、エネルギー分布の均一性を向上させるホモジナイザ102を透過する。ホモジナイザ102を透過した後、照射するレーザ光の大きさを変化させるレンズ系103に入射する。レンズ系103によって照射レーザ光の大きさを決めた後、非晶質シリコン膜105が形成された基板104上に照射され、該シリコン膜105の膜質の改変を行う。基板104は、2次元の移動ステージ106上に置かれ、移動ステージ106が動くことによって、基板104上の任意の場所にレーザ光を照射することができる。さらに、移動ステージ106は、真空チャンバー107内に有り、レーザ再結晶化は、減圧状態において行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のレーザアニール装置の課題は、レーザ光の縞目部分の不均一性と基板一枚あたりに要するプロセス時間の長さにある。レーザ再結晶化に必要なエネルギー密度を確保するために、通常照射するレーザ光の大きさ（平面寸法）は、数mm×数mmから大きくて10mm×10mm程度である。前記したように従来装置においても、ホモジナイザによって光学的にレーザ光内のエネルギーの均一性を向上させている。このために、レーザ光の照射範囲内の熱分布の均一性は高い。しかし、レーザ光の周辺部にエネルギーの勾配部があり、レーザ光の照射範囲の周辺部に温度勾配ができてしまう。このために、レーザ光の縞目部分に熱的な不均一性が発生し、レーザ再結晶化によるシリコン膜の膜質の不均一な領域ができてしまう。この不均一な領域を可能な限り小さくすることが、必要となる。

【0005】また、基板内をレーザ光が走査して、順次レーザ再結晶化の領域を広げていく。このため、基板サイズが大面積化した場合、レーザ再結晶化に要する時間は必然的に長くなってしまふ。レーザ再結晶化に必要な時間は移動ステージの移動速度、エキシマレーザが発振するレーザ光の繰り返し周期、照射レーザ光サイズおよび照射回数によるが、例えば、450mm×350mm（X軸方向×Y軸方向、以下同様）の基板全面をレーザ再結晶化する場合、照射レーザ光サイズ5mm×5mm、照射回数10回、移動ステージの移動速度最大200mm/秒で、2時間以上必要としていた。計算上で

は、約30分程度であるが、折り返しがあるために移動ステージは常に最高の速度で移動することはできないので、実際には前記の時間が必要となっていた。

【0006】以上のように、レーザ再結晶化技術は、高性能のTFTを実現できるが、レーザ光の継ぎ目部分の不均一性とプロセスに要する時間が非常に長くなるのが問題である。本発明の目的は、レーザ光の照射部分の継ぎ目部分の不均一性を抑えながら、レーザ再結晶化に要する時間を短縮し、高スループットを実現するレーザ照射方法とレーザアニール装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、レーザ光を光学的に複数に分割し、一度に複数の箇所にレーザ光を照射することによって、移動ステージの往復回数を減少させることによって達成される。

【0008】

【作用】プロセス時間を短縮する方法としては、照射するレーザ光の大きさを大きくすることが考えられる。前記した、従来装置におけるレーザ再結晶化に要する時間の見積りの条件では、照射するレーザ光の大きさは5mm×5mmであった。この大きさの場合、X軸方向の移動回数は、70回である。照射するレーザ光のY軸方向の大きさを10mmにすると、移動回数は、35回に減少し、プロセス時間の短縮が図れる。一方、レーザ光の継ぎ目部分の不均一性の原因の一つであるレーザ光周辺部のエネルギーの勾配は、大きさが小さいほど有利である。高出力のエキシマレーザの発振時のレーザ光の大きさは、1~2cm×2~4cm程度の大きい長方形のビーム断面である。この大きいレーザ光を光学系を用いて縮小し、基板に照射する。レーザの発振時のレーザ光の周辺部にもエネルギーの勾配部がある。この勾配部も光学系によって縮小される。

【0009】したがって、より小さく縮小するほど、照射時のレーザ光の周辺部のエネルギーの勾配部の大きさが小さくなる。すなわち、照射するレーザ光の大きさが小さいほど、レーザ光の継ぎ目部分の不均一な領域が縮小されることになる。以上の様に、大面積基板に均一なレーザ再結晶化を行うことと、プロセス時間を短縮することは、トレードオフの関係にあり、従来のレーザアニール装置では、この問題を解決できなかった。

【0010】そこで、本発明では、基板に照射するレーザ光のスポットサイズとしては、小さく、かつ一度に照射できる面積は、可能な限り大きくすることによって、上記問題点を解決する。すなわち、レーザにより発振されたレーザ光を、ホモジナイザによって均一化したあとに、光学的に複数のレーザ光に分割し、それぞれのレーザ光を基板に照射することによって、照射する一つのレーザ光のスポットサイズは小さくできる。さらに、複数の小さいスポットサイズのレーザ光を一度に基板の複数の箇所に照射することによって、一度にレーザ再結晶化

する領域の面積を大きく確保することができ、プロセス時間の短縮が実現できる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。第1の実施例について、図1ないし図4を用いて説明する。図1は、レーザアニール装置の構成を示す図である。図2は、ホモジナイザによるレーザ光のエネルギー分布の均一化を説明する図である。図3は、ビーム分割系（分割光学系）の構成を示す図である。図4は、本実施例におけるレーザ光の照射の状態を説明する図である。

【0012】図1において、塩化キセノン系のエキシマレーザ1は、波長308nmの紫外線のレーザ光2を出力する。レーザ光2はほぼ平行なビームである。定格パルス出力が500mJの塩化キセノン系エキシマレーザの場合、大きさは約4cm×2cmの電極間方向に細長い断面形状であり、エネルギー分布としては、ほぼ台形状である。レーザ光2はアッティネータ3に入射し、所定の照射エネルギーに変化する。台形状のエネルギー分布を持つレーザ光2は、ホモジナイザ4に入射する。エキシマレーザ1の出力直後のレーザ光は、図2(a)のように、細かい波型のエネルギー分布を持つ。エネルギー分布の平均値に対する変動幅の大きさは、10%から20%程度である。このエネルギーの変動は、ホモジナイザ4によって均一化される。ホモジナイザ4の出射側のエネルギー分布を図2(b)に示す。ホモジナイザによって、変動幅が2から3%程度まで減少する。エネルギー分布を光学的に均一化するホモジナイザとしては、微小レンズを2次元的に集合させた蝇の目レンズを用いることによってエネルギーの再分布を行い、変動幅の圧縮を行う。

【0013】エネルギー分布の均一化を行ったレーザ光2は、レンズ系5に入射する。レンズ系5では、基板に照射する際のレーザ光の大きさを決定する。レンズ系5は、縮小系のコリメート光学系であり、凸レンズの組み合わせによって構成され、レーザ光の大きさのみ変化させ出射したレーザ光が平行光になる。レンズ系5を出射したレーザ光2は、ビーム分割系6に入射する。ビーム分割系6によってレーザ光2は、等しいエネルギーを持つ2本のレーザ光2a、2bに分割される。2本に分割されたレーザ光2a、2bは、基板7上に形成された非晶質シリコン膜8の異なるレーザ照射領域11に照射される。基板7は2次元の移動ステージ9上に置かれ、移動ステージ9の動きによって、2本のレーザ光2a、2bが基板7の任意の位置のシリコン膜8に照射することができ、広い領域をレーザ再結晶化することができる。基板7は、移動ステージ9ごと真空チャンバー10内に置かれ、減圧の中でレーザ再結晶化できる。ビーム分割系6は、2本の分割したレーザ光2a、2bを基板7の短辺方向に分割する。

【0014】ビーム分割系6の構成について図3を用い

て説明する。レンズ系5では、ビームの大きさのみ変化させ、断面形状に関しては変化させない。このために、ビーム分割系6に入射するレーザー光2は、図3に示したようにほぼ1対2の長方形に近い形状になっている。ビーム分割系6は、波長308nmに対する反射膜がコーティングされた2個の直角プリズムを張合せたプリズム12と同様に反射膜がコーティングされた2枚の反射鏡13、14より構成される。プリズム12によって、レーザー光2は、この長辺方向で2分割される。分割されたレーザー光2aは、反射鏡13によって、反射され入射したレーザー光2と平行な方向に出射される。同様に分割されたレーザー光2bは、反射鏡14によって、反射され入射したレーザー光2と平行な方向に出射される。出射されたレーザー光2a、bの断面形状は、図3に示したようにほぼ正方形の形状になり、互いに平行に進行し、その間隔は、断面の大きさの2倍だけ離れた状態になる。

【0015】このビーム分割系6によって分割された2本のレーザー光を用いて基板上を走査しながらレーザー照射を行っていく状態を図4を用いて説明する。図4において、基板の長辺方向をX軸、短辺方向をY軸とする。前記したように、分割された2本のレーザー光の断面形状はほぼ正方形を成しており、その間隔は、レーザー光の大きさの2倍の距離だけ離れている。また、2本のレーザー光は、基板7のY軸方向に並んでいる。

【0016】基板7の左上隅よりレーザー光の照射を開始する場合を想定する。移動ステージaを動かして、レーザー光が最初に照射される位置まで基板を移動させる。移動が終了し、所定の位置にレーザー光を照射される状態にあることを確認し、最初のレーザー光が照射さる。移動ステージをX軸方向に移動させながら照射位置を移動させ、次々にレーザー光を照射していく。この時、2本のレーザー光が同時に基板に照射されるので、照射される領域は平行な2列の帯状になる。基板7の右端まで移動すると基板のY軸方向にレーザー光の大きさだけ移動ステージが移動し、それまでとは逆の基板のX軸方向にレーザー光を照射していく(図4に示した矢印の1から2へ)。さらに1行分レーザー光を照射すると、分割されたもう一方のレーザー光がすでに照射された領域に接するから、今度はレーザー光の大きさの3倍だけ移動ステージがY軸方向に移動し、またレーザー光を照射していく(図4に示した矢印3から4へ)。

【0017】以上のように、本実施例では、一度に2カ所の領域にレーザー光を照射することができる。このために、基板のX軸の移動回数は、従来例の1/2になり、レーザー再結晶化に要する時間が50%に短縮される。また、個々の照射されるレーザー光の大きさを小さくすることができるために、レーザー光の周辺部のエネルギーの勾配も小さくすることができ、レーザー光の縦目部の不均一性を小さく抑えることができる。

【0018】本実施例では、塩化キセノン系エキシマレ

ーザを用いたが、エキシマレーザーには他に、フッ化アルゴン系エキシマレーザー、フッ化クリプトン系エキシマレーザーがあり、いずれも紫外線のレーザーを出力し、レーザー再結晶化に用いることができる。レーザー光の均一性の向上のために用いるホモジナイザには、本実施例に用いた蜂の目レンズの他に、拡散板を用いて、レーザー光を一度拡散させさらにレンズによって平行なビームに整形する。あるいは、微小ピッチ用の円筒レンズやプリズムの組み合わせなどに置き換えも可能である。レーザー光の大きさを決定する光学系としては基本的には凸レンズの組み合わせによる実施例で用いた光学系のほかに、コリメート光学系を用いることができる。コリメート光学系では、凸レンズの組み合わせによるものと、あるいは凸レンズと凹レンズの組み合わせの2通りの光学系が用いることができる。

【0019】第2の実施例について図5及び図6を用いて説明する。図5において、エキシマレーザー21が発振したレーザー光22は、アッティネータ23に入射し、所定のエネルギーレベルに調整される。さらに、ホモジナイザ24において、レーザー光のエネルギー分布の均一化を行い、レンズ系25に入射する。第1の実施例において説明したように、エキシマレーザーが発振した直後のレーザー光の断面形状は長方形である。

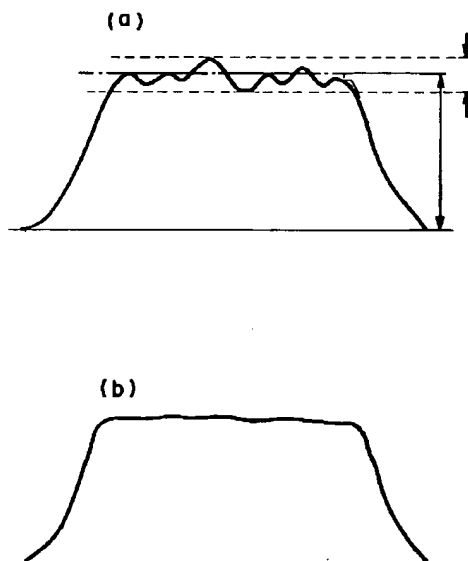
【0020】レンズ系25では、レーザー光の大きさを所定の大きさに調整するとともに、形状の変化を与え、レーザー光の断面形状をほぼ正方形にする。レーザー光の形状に変化を与えるために、円筒レンズを組み合わせ、レーザー光の各辺において、不等的に大きさの変化を与える。ほぼ正方形に形状調整されたレーザー光22は、ビーム分割系26に入射し、2つのレーザー光22a、22bに分割さる。分割されたレーザー光22a、22bは、基板27の短辺方向に配置され、同時に基板27上に形成されたシリコン膜28の2つのレーザー照射領域31に照射される。基板27は、2次元に移動できる移動ステージ29上に載り、移動ステージ29とともに真空チャンバー30内であって、減圧中でレーザー再結晶化を行うことができる。

【0021】ビーム分割系26の構成について、図6を用いて説明する。ほぼ正方形の断面形状に調整されたレーザー光22は、ビーム分割系26のハーフミラー31によって、その一部が反射され、残りのレーザー光が透過し、2つのレーザー光22aと22bに分割される。反射されたレーザー光22aは、反射鏡32によって反射され、入射したレーザー光の方向に進む。透過したレーザー光22bは、2枚の反射鏡33と34によって反射され、レーザー光22aと平行になる。また、反射鏡32、33、34の配置によって、ハーフミラー31から基板面までの光路長を等しくすることができる。図6の例では、レーザー光22aと22bの間隔は、レーザー光の大きさの2倍だけ離れているが、この間隔は、任意である。

【0022】レーザ光の照射の状態は、図4と同様になる。本実施例では、ハーフミラー31の反射率と透過率とを変化させることにより分割するレーザ光のエネルギーを不等にすることができる。この時、分割されたレーザ光22aは、基板への照射エネルギーとして $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ から $300\text{mJ}/\text{cm}^2$ 程度の低いエネルギーレベルとし、レーザ光22bは、 $300\text{mJ}/\text{cm}^2$ から $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ の高いエネルギーレベルにして基板に照射する。このように、2つのレーザ光のエネルギーに強弱をつけることによって、まず第1に照射される弱いレーザ光によって、シリコン膜中に含まれる水素原子を膜外に放出させ、第2に照射される強いレーザ光によって、シリコン膜を多結晶シリコンへ膜質改変を行う。このように、2つの分割したレーザ光を用いることによって、従来必ず2度基板を移動し照射する必要があった工程を、1度の基板移動によってすすむことができ、大幅なプロセス時間短縮が実現できる。

【0023】実施例の説明においては、第1の実施例、第2の実施例ともに基板に照射されるレーザ光の形状をほぼ正方形にしたが、基板の短辺方向に対して長い長方形としても同様の効果があることはほぼ明白である。また、簡単のために、実施例では、分割数を2としたが、3以上に分割することによりプロセス時間が短縮されて有利である。実施例の説明においては、基板の移動方法として2次元の移動ステージを用いたが、1軸方向の走査に光学系の走査機構を用いることも可能である。また、2軸方向ともに光学系の走査機構を用いることもできる。

【図2】



【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザアニール装置においては、基板に照射するレーザ光の大きさを小さくすることができるために、レーザ光の周辺の勾配部を小さくすることができ、また、一度に複数の領域に照射するので、基板に照射するプロセス時間の短縮を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例を示す概略構成図である。

【図2】 レーザ光のエネルギー分布を示す説明図である。

【図3】 本発明の第1の実施例でのビーム分割系を示す概略構成図である。

【図4】 本発明の第1の実施例の装置を用いるレーザ光の照射状態を示す説明図である。

【図5】 本発明の第2の実施例を示す概略構成図である。

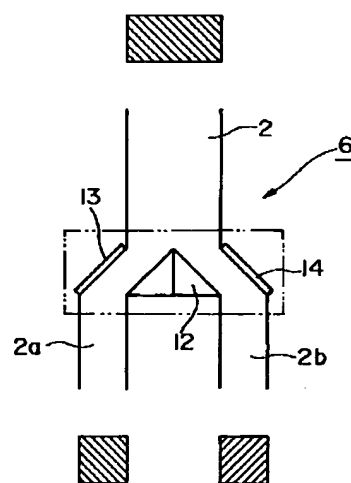
【図6】 本発明の第2の実施例でのビーム分割系を示す概略構成図である。

【図7】 従来のレーザアニール装置を示す概略構成図である。

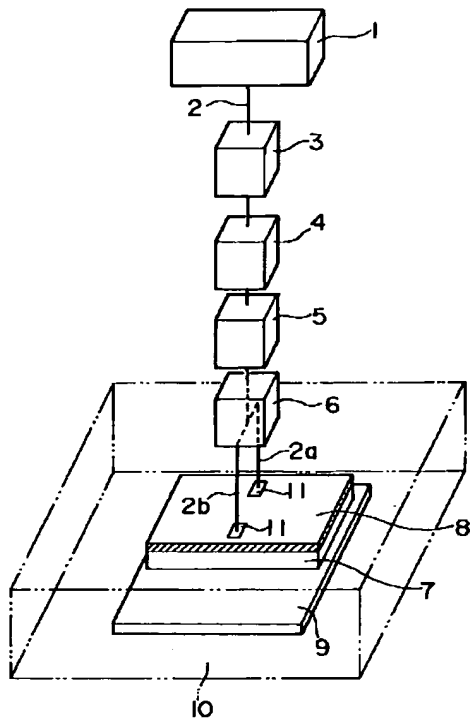
【符号の説明】

1	レーザ	2	レーザ光	3
	アッティネータ			
4	ホモジナイザ	5	レンズ系	6
	ビーム分割系			

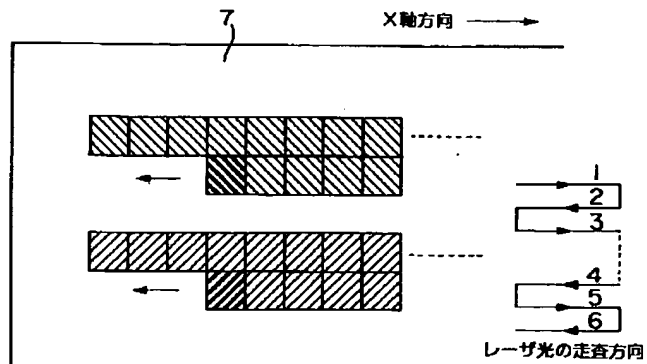
【図3】



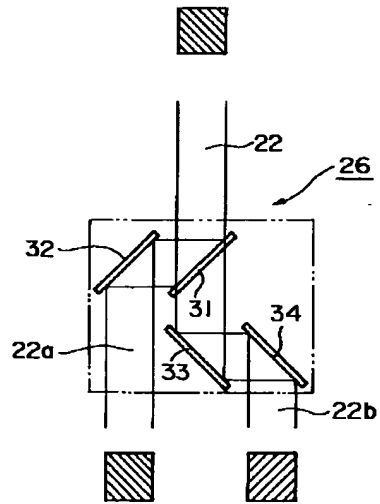
【図1】



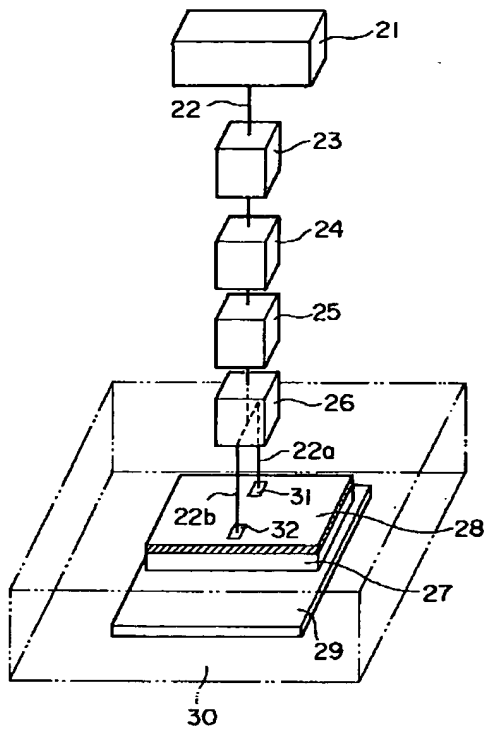
【図4】



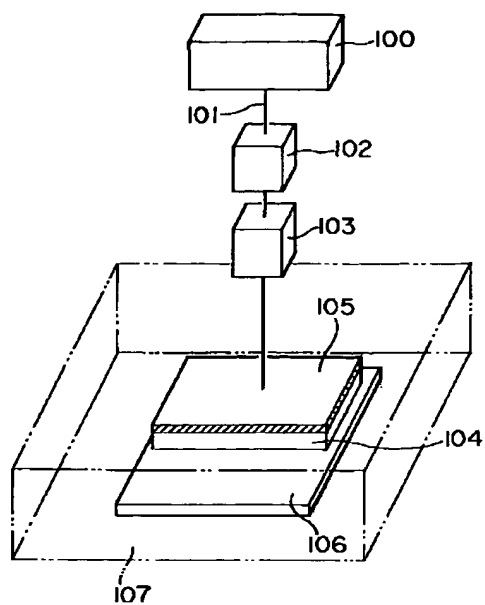
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

識別記号

序内整理番号

F I

技術表示箇所

C 2 1 D 1/09

F

1/34

H

C 2 2 F 3/00

C 3 0 B 29/06

B 8216-4G

H 0 1 L 21/20

21/268

B

H 0 1 S 3/10

Z

3/225

// H 0 1 L 29/786

21/336

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to a suitable laser annealer to perform laser recrystallization especially to a large area substrate about the laser annealer which irradiates a laser beam and performs recrystallization of a thin film etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] The technology which carries out the membraneous alteration of this silicon film at polycrystal silicon in the process which irradiates a laser beam, heats this silicon film to the temperature beyond the melting point of silicon at once to the thin film of the amorphous silicon formed on the substrate, and cools to it is well known as laser recrystallization technology, and the equipment which irradiates a laser beam is also announced. In the laser recrystallization using the excimer laser which oscillates the laser beam of the wavelength of an ultraviolet region especially, mobility of the silicon film after a membraneous alteration can be made very high, and highly efficient-ization of TFT (it is hereafter called TFT for short.) can be performed.

[0003] The conventional method of the irradiation method of the laser beam in the laser annealer which performs this laser recrystallization is explained using the block diagram of optical system. The composition of conventional equipment is shown in drawing 7. Since there is heterogeneity of the energy distribution in a laser beam, the laser beam 101 which the excimer laser 100 oscillated penetrates the homogenizer 102 which raises the homogeneity of an energy distribution. After penetrating a homogenizer 102, incidence is carried out to the lens system 103 to which the size of a laser beam to irradiate is changed. After deciding the size of an irradiation laser beam by the lens system 103, it irradiates on the substrate 104 in which the amorphous silicon film 105 was formed, and the membraneous alteration of this silicon film 105 is performed. A substrate 104 is placed on the two-dimensional move stage 106, and when the move stage 106 moves, it can irradiate a laser beam in the arbitrary places on a substrate 104. Furthermore, the move stage 106 is in the vacuum chamber 107, and laser recrystallization is performed in a reduced pressure state.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problem of the conventional laser annealer is in the heterogeneity of the joint portion of a laser beam, and the length of the process time which per substrate takes. the size (flat-surface size) of a laser beam which usual irradiates in order to secure an energy density required for laser recrystallization -- severalmmx -- from several mm, it is large and is about 10mmx10mm As described above, also in equipment, the homogeneity of the energy in a laser beam is conventionally raised optically by the homogenizer. For this reason, the homogeneity of the heat distribution of irradiation within the limits of a laser beam is high. However, the inclination section of energy is in the periphery of a laser beam, and a temperature gradient will be made to the periphery of the irradiation range of a laser beam. For this reason, thermal heterogeneity will occur into the joint portion of a laser beam, and the membraneous uneven field of the silicon film by laser recrystallization will be made. It is necessary to make this uneven field as small as possible.

[0005] Moreover, a laser beam scans the inside of a substrate and the field of laser recrystallization is extended one by one. For this reason, when substrate size large-area-izes, the time which laser recrystallization takes will become long inevitably. although based on the traverse speed of a move stage, the repeat period of the laser beam which an excimer laser oscillates, irradiation laser beam size, and the number of times of irradiation, when laser recrystallization of the 450mmx350mm (X shaft-orientations xY shaft orientations and the following -- the same) whole substrate surface was carried out, time required for laser recrystallization is the 200mm traverse speed of irradiation laser beam size 5mmx5mm, the ten number of times of irradiation, and a move stage, and was needed for 2 hours or more, for example On calculation, although it was about about 30 minutes, since there was a clinch and the move stage was always unmovable at the rate of the highest, the aforementioned time was needed in fact.

[0006] as mentioned above, although laser recrystallization technology can realize highly efficient TFT, what the time which the heterogeneity and the process of a joint portion of a laser beam take becomes very long to is a problem Suppressing the heterogeneity of the joint portion of the irradiation portion of a laser beam, the purpose of this invention shortens the time which laser recrystallization takes, and is to offer the laser radiation method of realizing a high throughput, and a laser annealer.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The above-mentioned purpose is attained by decreasing the number of times of a round trip of a move stage by dividing a laser beam into plurality optically and irradiating a laser beam at once in two or more parts.

[0008]

[Function] It is possible to enlarge the size of a laser beam to irradiate as a method of shortening process time. The size of said laser beam conventionally irradiated on condition that the estimate of the time which the laser recrystallization in equipment takes was 5mmx5mm. In the case of this size, the number of times of movement of X shaft orientations is 70 times. If the size of Y shaft orientations of a laser beam to irradiate is set to 10mm, the number of times of movement decreases to 35 times, and can aim at shortening of process time. The inclination of the energy of the laser beam periphery which is one of the causes of the heterogeneity of the joint portion of a laser beam on the other hand is so advantageous that a size is small. The size of the laser beam at the time of the oscillation of the excimer laser of high power is the beam cross section of an about [1-2cmx2-4cm] large rectangle. It reduces using optical system and this large laser beam is irradiated at a substrate. There is the inclination section of energy also in the periphery of the laser beam at the time of the oscillation of laser. This inclination section is also reduced by optical system.

[0009] Therefore, the size of the inclination section of the energy of the periphery of the laser beam at the time of irradiation becomes small, so that it reduces smaller. That is, the field where the joint portion of a laser beam is uneven will be reduced, so that the size of a laser beam to irradiate is small. As mentioned above, performing uniform laser recrystallization to a large area substrate and shortening process time have the relation of a trade-off, and they have not solved this problem in the conventional laser annealer.

[0010] Then, in this invention, as a spot size of the laser beam which irradiates a substrate, it is small and the area which can be irradiated at once solves the above-mentioned trouble by enlarging as much as possible. That is, after equalizing the laser beam oscillated by laser by the homogenizer, spot size of one laser beam to irradiate is small made by dividing into two or more laser beams optically, and irradiating each laser beam at a substrate. Furthermore, by irradiating the laser beam of two or more small spot size at once in two or more parts of a substrate, the area of the field which carries out laser recrystallization at once can be secured greatly, and shortening of process time can be realized.

[0011]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained in detail using a drawing. The 1st example is explained using drawing 1 or drawing 4. Drawing 1 is drawing showing the composition of a laser annealer. Drawing 2 is drawing explaining equalization of an energy distribution of the laser beam by the homogenizer. Drawing 3 is drawing showing the composition of a beam division system (division optical system). Drawing 4 is drawing explaining the state of irradiation of the laser beam in this example.

[0012] In drawing 1, the excimer laser 1 of a chlorination xenon system outputs the laser beam 2 of ultraviolet rays with a wavelength of 308nm. A laser beam 2 is an almost parallel beam. When a rated pulse output is the chlorination xenon system excimer laser of 500mJ(s), a size is a cross-section configuration long and slender in the abbreviation 4cmx2cm inter-electrode direction, and is a trapezoidal shape mostly as an energy distribution. Incidence of the laser beam 2 is carried out to ATTINETA 3, and it changes to predetermined irradiation energy. Incidence of the laser beam 2 with the energy distribution of a trapezoidal shape is carried out to a homogenizer 4. The laser beam immediately after the output of an excimer laser 1 has a fine wave type energy distribution like drawing 2 (a). The size of the range of fluctuation to the average of an energy distribution is 10% to about 20%. Change of this energy is equalized by the homogenizer 4. The energy distribution by the side of the outgoing radiation of a homogenizer 4 is shown in drawing 2 (b). By the homogenizer, the range of fluctuation decreases to about 2 to 3%. By using the eye lens of a fly which gathered the microlens two-dimensional as a homogenizer which equalizes an energy distribution optically, the redistribution of energy is performed and the range of fluctuation is compressed.

[0013] Incidence of the laser beam 2 which equalized the energy distribution is carried out to a lens system 5. In a lens system 5, the size of the laser beam at the time of irradiating a substrate is determined. A lens system 5 is the collimation optical system of a reduction system, it is constituted by the combination of a convex lens and the laser beam which only the size of a laser beam was changed and carried out outgoing radiation turns into parallel light. The laser beam 2 which carried out outgoing radiation carries out incidence of the lens system 5 to the beam division system 6. A laser beam 2 is divided into two laser beams 2a and 2b with equal energy by the beam division system 6. The laser beams 2a and 2b divided into two are irradiated by the laser radiation field 11 to which the amorphous silicon films 8 formed on the substrate 7 differ. A substrate 7 is placed on the two-dimensional move stage 9, and by the movement of the move stage 9, two laser beams 2a and 2b can irradiate the silicon film 8 of the arbitrary positions of a substrate 7, and it can carry out laser recrystallization of the latus field. A substrate 7 is placed into the vacuum chamber 10 the whole move stage 9, and can carry out laser recrystallization in reduced pressure. The beam division system 6 divides two divided laser beams 2a and 2b in the direction of a shorter side of a substrate 7.

[0014] The composition of the beam division system 6 is explained using drawing 3. Only the size of a beam is changed and it is not made to change about a cross-section configuration in a lens system 5. For this reason, the laser beam 2 which carries out incidence to the beam division system 6 is a configuration near the rectangle of a cheek 1 to 2, as shown in drawing 3. The beam division system 6 consists of reflecting mirrors 13 and 14 of two sheets with which the reflective film was coated like the ***** prism 12 in two rectangular prisms with which the reflective film to the wavelength of 308nm was coated. By prism 12, 2 *****s of laser beams 2 are carried out in this direction of the long side. Outgoing radiation of the divided laser beam 2a is carried out in the direction parallel to the laser beam 2 which reflected and carried out incidence with the reflecting mirror 13. Outgoing radiation of the laser beam 2b divided similarly is carried out in the direction parallel to the laser beam 2 which reflected and carried out incidence with the reflecting mirror 14. The cross-section configuration of laser beam 2a and b by which outgoing radiation was carried out turns into a square configuration mostly, as shown in drawing 3, and go on in parallel mutually

and only the double precision of the size of a cross section will be left the interval.

[0015] The state of performing laser radiation is explained using drawing 4, scanning a substrate top using two laser beams divided by this beam division system 6. In drawing 4, the X-axis is set as the direction of the long side of a substrate, and a Y-axis is set as the direction of a shorter side. As described above, the cross-section configuration of two divided laser beams has accomplished the square mostly, and it is separated [from the interval] of the distance of the double precision of the size of a laser beam. Moreover, two laser beams are located in a line with Y shaft orientations of a substrate 7.

[0016] The case where irradiation of a laser beam is started from the upper left corner of a substrate 7 is assumed. The move stage a is moved and a substrate is moved to the position where a laser beam is irradiated first. Movement is completed, it checks that it is in the state where a laser beam can be irradiated at a position, and the first laser beam is irradiation *****. An irradiation position is moved, moving a move stage to X shaft orientations, and the laser beam is irradiated one after another. Since two laser beams are simultaneously irradiated by the substrate at this time, the field irradiated becomes band-like [of two parallel trains]. If it moves to the right end of a substrate 7, a move stage moves only the size of a laser beam to Y shaft orientations of a substrate, and laser is irradiated to from 1 of the arrow shown in drawing 4 to 2 at X shaft orientations of a substrate even with reverse it. If laser is irradiated by one more line, since another divided laser will touch the already irradiated field, shortly, a move stage moves to Y shaft orientations only 3 times of the size of a laser beam, and laser is irradiated (to arrows 3-4 shown in drawing 4).

[0017] As mentioned above, in this example, laser can be irradiated to two fields at once. For this reason, the number of times of movement of the X-axis of a substrate is set to one half of the conventional examples, and the time which laser recrystallization takes is shortened to 50%. Moreover, since the size of the laser beam by which each is irradiated can be made small, the inclination of the energy of the periphery of a laser beam can also be made small, and the heterogeneity of the joint section of a laser beam can be suppressed small.

[0018] In this example, although the chlorination xenon system excimer laser was used, elsewhere, there are an argon fluoride system excimer laser and a krypton fluoride system excimer laser, and to an excimer laser, all output the laser of ultraviolet rays, and can use it for laser recrystallization at it. The diffusion board other than the eye lens of a fly used for this example is used for the homogenizer used for the improvement in homogeneity of a laser beam, a laser beam is diffused at once, and it operates orthopedically with an parallel beam with a lens further. Or replacement is also possible about the cylinder lens for minute pitches, the combination of prism, etc. As optical system which determines the size of a laser beam, the collimation optical system other than the optical system used in the example by the combination of a convex lens can be used fundamentally. In collimation optical system, two kinds of optical system of the combination of the thing to depend on the combination of a convex lens or a convex lens, and a concave lens can use.

[0019] The 2nd example is explained using drawing 5 and drawing 6. In drawing 5, incidence of the laser beam 22 which the excimer laser 21 oscillated is carried out to ATTINETA 23, and it is adjusted to a predetermined energy level. Furthermore, in a homogenizer 24, the energy distribution of a laser beam is equalized and incidence is carried out to a lens system 25. As explained in the 1st example, the cross-section configuration of a laser beam immediately after an excimer laser oscillates is a rectangle.

[0020] In a lens system 25, while adjusting the size of a laser beam to a predetermined size, change of a configuration is given and the cross-section configuration of a laser beam is mostly made into a square. In order to give change to the configuration of a laser beam, a cylinder lens is combined and change of a size is given in inequality in each side of a laser beam. Mostly, incidence is carried out at the beam division system 26, and the laser beam 22 by which configuration adjustment was carried out at the square is division ***** to two laser beams 22a and 22b. The divided laser beams 22a and 22b are arranged in the direction of a shorter side of a substrate 27, and are irradiated by two laser radiation fields 31 of the silicon film 28 simultaneously formed on the substrate 27. A substrate 27 appears on the move stage 29 movable to two-dimensional, is in the vacuum chamber 30 with the move stage 29, can be under reduced pressure, and can perform laser recrystallization.

[0021] The composition of the beam division system 26 is explained using drawing 6. With the one-way mirror 31 of the beam division system 26, the part is reflected, and the remaining laser beams penetrate the laser beam 22 mostly adjusted to the square cross-section configuration, and it is divided into two laser beams 22a and 22b. It is reflected by the reflecting mirror 32 and reflected laser beam 22a progresses in the direction of the laser beam which carried out incidence. It is reflected by the reflecting mirrors 33 and 34 of two sheets, and transmitted laser beam 22b becomes parallel to laser beam 22a. Moreover, the optical path length from a one-way mirror 31 to a substrate side can be made equal by arrangement of reflecting mirrors 32, 33, and 34. This interval is arbitrary although it is separated [from the interval of laser beams 22a and 22b] of the double precision of the size of a laser beam in the example of drawing 6.

[0022] The state of irradiation of a laser beam becomes being the same as that of drawing 4. In this example, energy of the laser beam divided by changing the reflection factor and permeability of a one-way mirror 31 can be made into an inequality. laser beam 22a divided at this time -- as the irradiation energy to a substrate -- 100 mJ/cm² from -- 300 mJ/cm² the low energy level of a grade -- carrying out -- laser beam 22b -- 300 mJ/cm² from -- 500 mJ/cm² It is made a high energy level and a substrate is irradiated. Thus, by attaching strength to the energy of two laser beams, the hydrogen atom contained in a silicon film is made to emit out of a film by the weak laser beam first irradiated by the 1st, and the strong laser beam irradiated the 2nd performs a membranous alteration for a silicon film to polycrystal silicon. Thus, by using two divided laser beams, the process to which the substrate surely needed to be moved twice conventionally and which needed to be irradiated can be progressed by one substrate movement, and large process time shortening can be realized.

[0023] In explanation of an example, although the configuration of a laser beam where the 1st example and the 2nd example were irradiated by the substrate was mostly made into the square, it is almost clear that there is effect same also as a long rectangle to the direction of a shorter side of a substrate. Moreover, since it was easy, although the number of partitions was set to 2 in the example, process time is shortened and it is more advantageous than dividing or more into three. In explanation of an example, although the two-dimensional move stage was used as the move method of a substrate, it is also possible to use the scanner of optical system for the scan of 1 shaft orientations. Moreover, the biaxial direction can also use the scanner of optical system.

[0024]

[Effect of the Invention] As explained above, since laser annealer **** of this invention can make small the size of the laser beam which irradiates a substrate, can make the surrounding inclination section of a laser beam small and irradiates two or more fields at once, it can realize shortening of the process time which irradiates a substrate.

[Translation done.]